

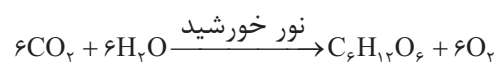
# انرژی به ماده

بیشتر گیاهان و انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می‌کند. در ادامه به فرایندهایی می‌پردازیم که منتهی به ساخت مواد آلی توسط جانداران مختلف می‌شود.



## فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می‌دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز  $CO_2$  را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش ۱). بر این اساس می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.



قرارگیری در معرض نور  
داشتن ریشه  
امکان تهیت  $CO_2$   
تولید آب طی فتوسنتز

برای اینکه جاندار بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن مولکول‌های رنگیزه‌ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه‌ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتز می‌کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می‌پردازیم.

## برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزیسه دارد. همان طور که می‌دانید، فتوسنتز در سبزیسه‌ها انجام می‌شود. برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دم‌برگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته‌های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویی و زیرین به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند.

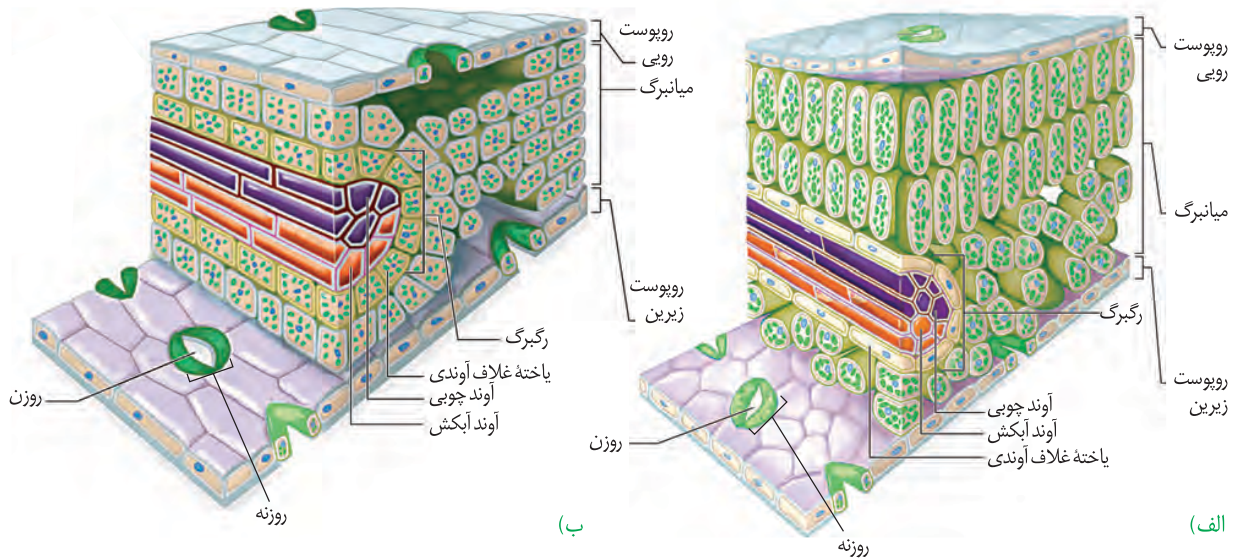
در تنگ لپه برخلاف روپوست غلاف فتوسنتز کننده دارد.  
در برگ دولپه، روزنه‌های کمتری از روپوست زیرین دارد.

مخصوص برگ دولپه

میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی است. در (شکل ۱ - الف) میانبرگ از یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست رویی قرار دارند و به هم فشرده‌اند، در حالی که یاخته‌های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱ - ب).

تنگ لپه‌ها

## زیست‌شناسی ۳



شکل ۱ - ترسیمی از برگ، الف) نمونه‌ای گیاه دولپه (ب) نمونه‌ای گیاه تک لپه

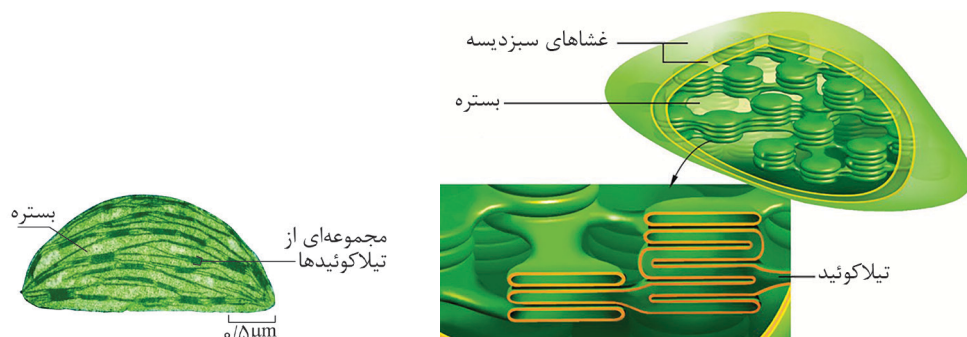
### ۱) در گیاهانی با میانبرگ نرده‌ای امکان ندارد .....

- ۱) در سطحی‌ترین یاخته‌های برگ، فتوسنتز صورت پذیرد.
- ۲) در غلاف آوندی رگبرگ، پمپ‌های پروتونی، انرژی الکترون‌ها را مصرف کنند.
- ۳) یاخته‌هایی با فضای بین یاخته‌ای فراوان،  $CO_2$  را تثبیت کنند.
- ۴) یاخته‌های هسته‌دار مجاور آوندها، ATP را تنها در سطح پیش ماده تولید کنند.

### ۲) در برگ گیاهان ..... هر یاخته ..... فتوسنتز کننده است.

- ۱) تک‌لپه‌ای - در تماس با میانبرگ اسفنجی
- ۲) دولپه‌ای - در تماس با میانبرگ نرده‌ای
- ۳) دولپه‌ای - در برگ‌گیرنده رگبرگ‌های مرکزی
- ۴) تک‌لپه‌ای - در اتصال با غلاف آوندی

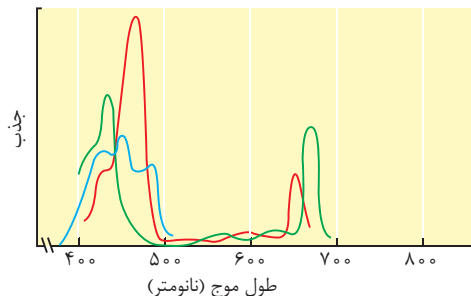
**سبزدیسه:** سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام تیلاکوئید به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره تقسیم شده است. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲). بستره دارای دنا، رنا و رناتن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند بعضی پروتئین‌های موردنیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به طور مستقل تقسیم شود.



(ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

الف) ترسیمی

شکل ۲ - ساختار سبزدیسه



شکل ۳ - طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی.  
سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبزیس‌هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

در گیاهان سبزینه‌های a و b وجود دارند. بیشترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش - آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی - قرمز) است. گرچه حداکثر جذب آنها در هر یک از این محدوده‌ها با هم فرق می‌کند. کاروتنوئیدها به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).

- \* کاروتنوئیدها در طول موج محدوده بالاتر از ۵۰۰ نانومتر، جذب ندارند.
- \* حداکثر جذب نوری کلروفیل a در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر و حداکثر جذب نوری کلروفیل b در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر است.
- \* در محدوده طول موج ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر، بیشترین میزان جذب مربوط به کلروفیل a است.
- \* کلروفیل‌ها برخلاف کاروتنوئیدها در محدوده طول موج ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر، جذب نسبتاً بالا دارند.

## ۳) تیلاکوئیدها ..... ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و ..... هستند.

- ۱) همانند دستگاه گلژی - جدا از هم
- ۲) همانند شبکه آندوپلاسمی - به هم متصل
- ۳) برخلاف دستگاه گلژی - جدا از هم
- ۴) برخلاف شبکه آندوپلاسمی - به هم متصل

## ۴) در محدوده طول موج مربوط به نورهای نارنجی و قرمز .....

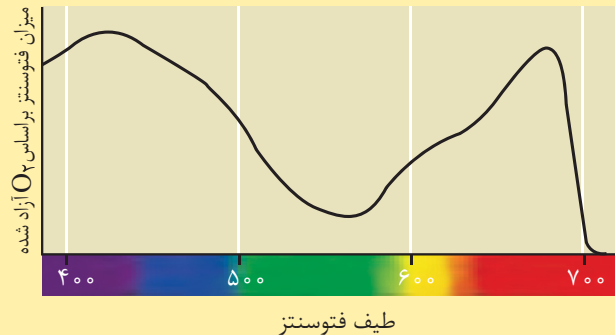
- ۱) جذب کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b است.
- ۲) کاروتنوئیدها جذب کمتری نسبت به کلروفیل b دارند.
- ۳) حداکثر میزان جذب کلروفیل b دیده می‌شود.
- ۴) جذب کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a است.

## فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند. هر فتوسیستم شامل آنتن‌های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است. هر آنتن که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینه a در فتوسیستم ۱، P ۷۰۰ و در فتوسیستم ۲، P ۶۸۰ می‌گویند. فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول‌ها می‌توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

در گیاهان میزان فتوسنتز در دو محدوده طول موجی ۴۰۰ الی ۵۰۰ نانومتر و ۶۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر، بیشترین است.



- \* هر فتوسیستم دارای چند آنتن و یک مرکز واکنش است.
- \* رنگینه‌های آنتن شامل کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها و رنگینه‌های مرکز واکنش شامل مولکول‌های کلروفیل a است.
- \* در هر مرکز واکنش یک جفت کلروفیل a در بستر پروتئینی وجود دارد.
- \* P۷۰۰ و P۶۸۰ در واقع نام دیگر کلروفیل a می‌باشد.

۵) چند مورد در ارتباط با فتوسیستم‌ها، نادرست است؟

- الف) هر کدام یک آنتن و یک مرکز واکنش دارند.
  - ب) در مرکز واکنش برخلاف آنتن، کلروفیل a دارند.
  - ج) در مرکز واکنش یک مولکول کلروفیل a دارند.
  - د) کلروفیل‌های آنتن و مرکز واکنش مرتباً اکسید و احیاء می‌شوند.
- ۱ (۱)      ۲ (۲)  
۳ (۳)      ۴ (۴)

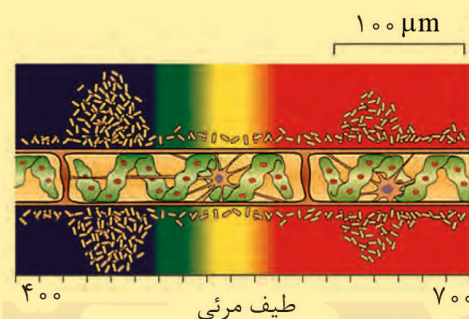
۶) نمی‌توان گفت هر فتوسیستم ..... .

- ۱) دارای دو نوع کلروفیل در آنتن‌ها است.
- ۲) با ناقل‌های الکترون به فتوسیستم دیگر مرتبط می‌شود.
- ۳) دارای P ۷۰۰ و P ۶۸۰ در مرکز خود می‌باشد.
- ۴) در آنتن‌ها و مرکز خود دارای پروتئین است.

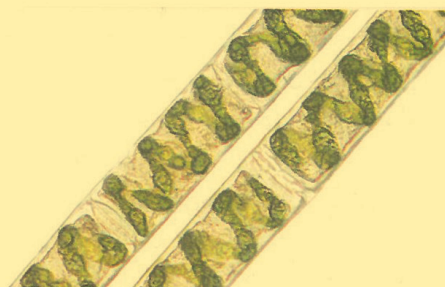
نوعی آغازی فتوسنتز کننده پرسلولی  
جلبک سبز رشته‌ای  
دارای کلروپلاست نواری شکل و دراز

آیا همه طول موج‌های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می‌توان با استفاده از اسپروژیر (جلبک سبز رشته‌ای)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور برای تجزیه نور آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد.

اسپروژیر سبز دیسه‌های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همه طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد. در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لوله آزمایشی شامل آب و باکتری‌های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف‌های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافته‌اند. این قسمت‌ها در محدوده طول موج‌های ۴۰۰ الی ۵۰۰ نانومتر و ۶۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر نیز می‌باشند از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که کلروفیل رنگیزه اصلی در فتوسنتز است.



ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش



الف) اسپروژیر

۷ در اسپروژیر رنگیزه اصلی در فتوسنتز ..... است و بیشترین میزان فتوسنتز در نورهای ..... صورت می‌پذیرد.

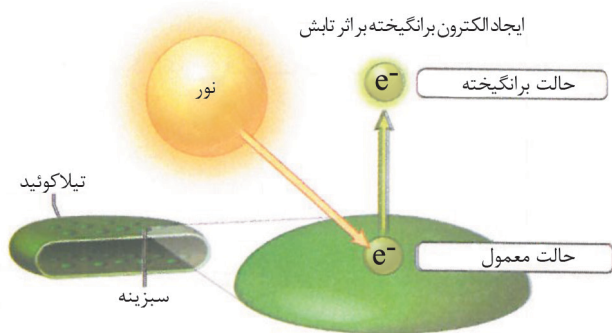
- ۱) سبزینه - قرمز و نارنجی
- ۲) سبزینه - آبی و بنفش
- ۳) کاروتنوئید - قرمز و نارنجی
- ۴) کاروتنوئید - آبی و بنفش





واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش‌های وابسته به نور و مستقل از نور قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می‌پردازیم.

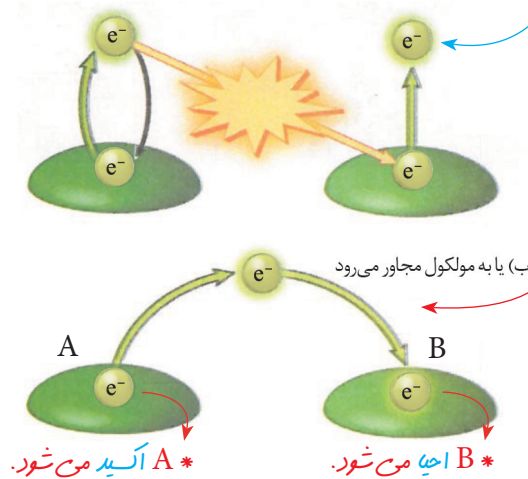
### واکنش‌های وابسته به نور: واکنش‌های تیلاکوئیدی



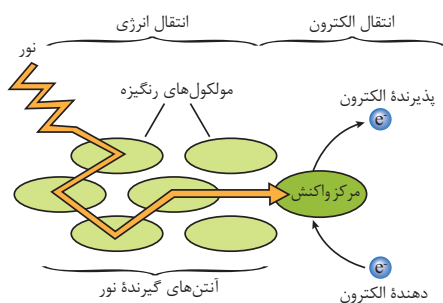
الف) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می‌کند و به

سطح انرژی قبلی خود برمی‌گردد.

\* در این حالت آکسیداسیون و احیاء نمی‌دهد.



شکل ۴ - ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



شکل ۵ - انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می‌گویند، زیرا پتانسیل و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آنتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینه a و خروج الکترون از آن می‌شود (شکل ۵).

الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول  $\text{NADP}^+$  می‌رسد (شکل ۶).

دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و دیگری بین فتوسیستم ۱ و  $\text{NADP}^+$  قرار دارد.

$\text{NADP}^+$  با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول  $\text{NADPH}$  تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

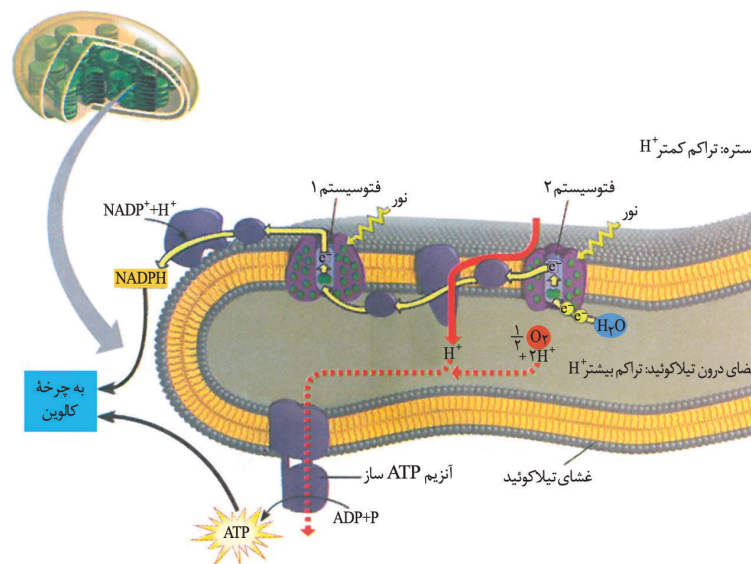
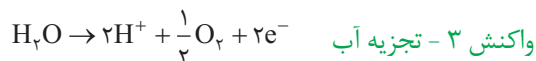


با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱ را جبران می‌کند، اما کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟

## زیست‌شناسی ۳

\* در فتوسنتزها، در آنتن‌ها انرژی الکترون‌های برانگیخته، از رانگیره‌ای به دیگری منتقل می‌شود و در مرکز سبب خروج الکترون برانگیخته از رانگیره می‌شود.

تجزیه نوری آب: به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می‌بینید، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند و الکترون‌های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می‌روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می‌شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می‌گویند. تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.



شکل ۶ - طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

\* زنجیره انتقال الکترون بین فتوسیستم‌ها به مولکول‌ها دارد که یکی از آن‌ها پمپ محسوب می‌شود.  
\* زنجیره انتقال الکترون بعد از فتوسیستم ۱ دو مولکول دارد که هیچ یک از آن‌ها پمپ محسوب می‌شود.

۸ در زنجیره انتقال الکترون کلروپلاست، الکترون‌های برانگیخته P۷۰۰ از ..... و الکترون‌های برانگیخته P۶۸۰ از ..... پمپ غشایی می‌گذرند.

- (۱) صفر - ۱ (۲) ۲ - ۱ (۳) ۳ - ۲ (۴) ۴ - ۳

۹ چند مورد جمله زیر را به شکل صحیحی تکمیل می‌کند؟

«الکترون‌های خارج شده از ..... لزوماً .....»

(الف) P۷۰۰ - به زنجیره انتقال الکترون وارد می‌شوند.

(ب) کلروفیل b - با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود باز می‌گردند.

(ج) کاروتنوئیدها - با بازگشت به مدار خود، مانع اکسیدشدن رنگیزه می‌شوند.

(د) P۶۸۰ - کمبود الکترونی P۷۰۰ در فتوسیستم یک را جبران می‌کنند.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۱۰) در کلروپلاست شبدر، هر فتوسیستمی که مستقیماً به مولکولی ..... غشاء الکترون می‌دهد .....

(۱) در سطح بیرونی - دارای  $P680$  در مرکز واکنش است.

(۲) در ضخامت - الکترون‌های فتوسیستم دیگر را دریافت می‌کند.

(۳) در ضخامت - محلی برای تجزیه آب به حساب می‌آید.

(۴) در سطح درونی - نور آبی را به خوبی جذب می‌کند.

۱۱) هر پمپ پروتونی غشاء تیلاکوئید از مولکولی در ..... غشاء الکترون دریافت کرده و به مولکولی در .....

غشاء الکترون می‌دهد.

(۱) ضخامت - سطح بیرونی

(۲) ضخامت - سطح درونی

(۳) سطح درونی - سطح بیرونی

(۴) سطح درونی - ضخامت

۱۲) فتوسیستم ۱ برخلاف فتوسیستم ۲ .....

(۱) از مولکولی آلی الکترون دریافت می‌کند.

(۲) به پمپ پروتونی الکترون‌رسانی می‌کند.

(۳) به مولکول آلی الکترون می‌دهد.

(۴) با بخش‌های آبدوست و آبگریز غشاء در تماس است.

### ساخته شدن ATP در فتوستنز

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی است که یون‌های  $H^+$  را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می‌کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می‌شود. همچنین دانستیم که تعداد پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می‌آید. در نتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود.

پروتون‌ها براساس شیب غلظت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی‌توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون‌ها از چه راهی به بستره می‌روند؟

در غشای تیلاکوئید مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم ATP ساز در راکیزه است. پروتون‌ها فقط از طریق این آنزیم می‌توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می‌دهد، همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود. به ساخته شدن ATP در واکنش‌های نوری، ساخته شدن نوری ATP می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.

۱۳) هر آنزیم ATP ساز موجود در برگ شمعدانی ..... هر پمپ پروتونی آن .....

(۱) همانند - در تنظیم pH تیلاکوئیدها اثرگذار است.

(۲) برخلاف - با کاهش میزان فسفات آزاد، ساخت نوری ATP را انجام می‌دهد.

(۳) همانند - با دریافت انرژی از الکترون‌های عبوری، فعالیت می‌کند.

(۴) برخلاف - محلی برای انتقال یون‌های پروتون، بدون صرف انرژی محسوب می‌شود.

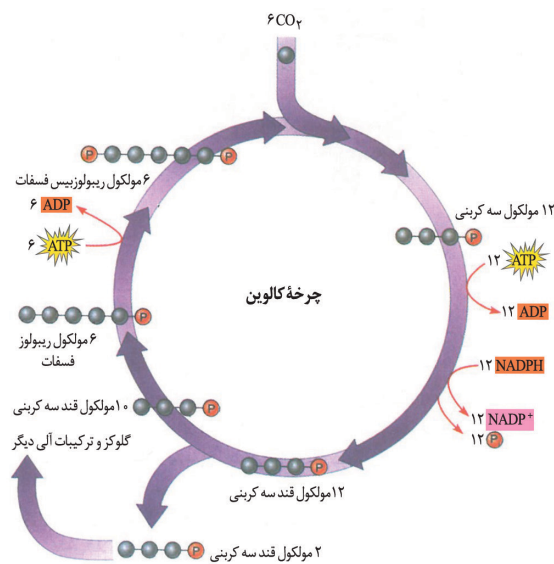


## واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت کربن

می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های  $\text{CO}_2$  به قند تبدیل می‌شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی‌دهد.

عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در  $\text{CO}_2$ ، کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند.

ساخته شدن قند در چرخ‌های از واکنش‌ها، به نام چرخه کالوین رخ می‌دهد (شکل ۷). این واکنش‌ها در بستره سبز دیسه انجام می‌شوند.



شکل ۷ - چرخه کالوین

**در چرخه کالوین ۱**  $\text{CO}_2$  با قندی پنج کربنی به نام ریبولوزبیس فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن  $\text{CO}_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روبیسکو (ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. **۲** هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می‌کند. **۳** این مولکول‌ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، **۴** تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و **۵** تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می‌رسند. گرچه **۶** واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما **۷** انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است.

در چرخه کالوین دیدیم که  $\text{CO}_2$  برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می‌رود. به فرایند استفاده از  $\text{CO}_2$  برای تشکیل ترکیب‌های آلی تثبیت کربن می‌گویند.

دیدیم اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، گیاهان  $\text{C}_3$  می‌گویند. اکثر گیاهان  $\text{C}_3$  هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می‌پردازیم.

\* در چرخه کالوین از قندهای ۳ کربنه برای تولید قندهای ۵ و ۶ کربنه استفاده می‌شود.  
\* در دو بخش مختلف چرخه کالوین نوکلئوتید ATP مورد مصرف قرار می‌گیرد.

## اثر محیط بر فتوسنتز

بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟ با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و  $\text{CO}_2$  از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، میزان  $\text{CO}_2$ ، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گستره دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

۱۴) چون عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در  $\text{CO}_2$  ..... یافته است، بنابراین گیاه برای

ساختن قند از  $\text{CO}_2$  به ..... و منبعی برای تأمین ..... نیاز دارد.

- (۱) افزایش - اکسیژن - الکترون  
(۲) کاهش - اکسیژن - الکترون  
(۳) کاهش - انرژی - الکترون  
(۴) افزایش - انرژی - الکترون

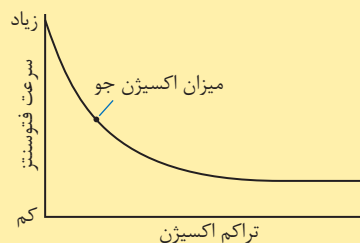
۱۵) در چرخه کالوین، هر جا ..... .

- (۱) مولکول ۳ کربنی مصرف می‌شود، قند ۳ کربنی تولید خواهد شد.  
(۲) ساختاری نوکلئوتیدی اکسید می‌شود، ATP مصرف خواهد شد.  
(۳) ADP تولید می‌شود، NADPH مورد استفاده قرار می‌گیرد.  
(۴) قند ۵ کربنه مصرف می‌شود، تجزیه ATP صورت می‌پذیرد.

۱۶) نمی‌توان گفت اولین ماده آلی ساخته شده در چرخه کالوین ..... .

- (۱) علت نوعی نامگذاری برای اکثر گیاهان است.  
(۲) با گلوکز در یک گروه از مولکول‌های زیستی قرار نمی‌گیرد.  
(۳) با مصرف کربن دی‌اکسید محیط ایجاد می‌شود.  
(۴) مقدار کربن برابر با قند ترجیحی اشرشیاکلائی دارد.

### فعالیت

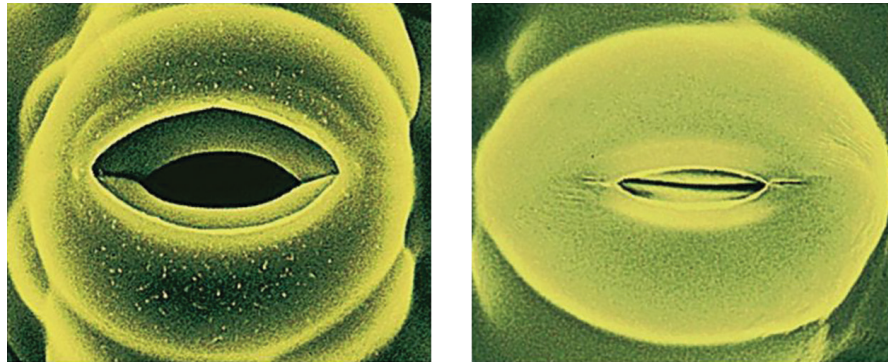


میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز گیاهی  $\text{C}_3$  را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار می‌توان گفت بین میزان اکسیژن جو با سرعت فتوسنتز، رابطه عکس وجود دارد.



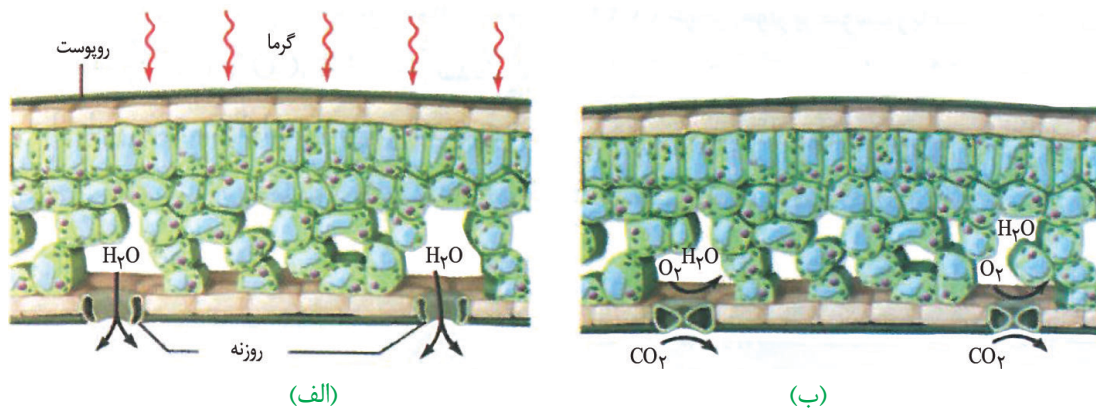
## فتوسنتز در شرایط دشوار

شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



شکل ۸ - روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که  $\text{CO}_2$  برگ کم می‌شود، اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).



افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخسته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.

وقتی روزنه‌ها باز هستند (الف) نسبت  $\text{CO}_2$  به  $\text{O}_2$  بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته شده‌اند. (ب)

در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به نسبت  $\text{CO}_2$  و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، ۱ اکسیژن با ریبولوزیس فسفات ترکیب می‌شود. ۲ مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. ۳ مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزیس فسفات می‌رسد. ۴ مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $\text{CO}_2$  و همراه با فتوسنتز است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخسته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری

باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود. به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

\* به ترتیب مولکول‌های ۲ و ۳ کربنی حاصل از آن‌تیزنزی روبیکو در میتوکندری و کلروپلاست به مصرف می‌رسند.

۱۷) چند مورد وجه اشتراک تنفس نوری و تنفس یاخته‌ای هوازی را در توت‌فرنگی نشان می‌دهد؟

(الف) مصرف اکسیژن

(ب) مصرف نوعی قند

(ج) تولید کربن‌دی‌اکسید

(د) وقوع بخشی از فرایند در راکیزه

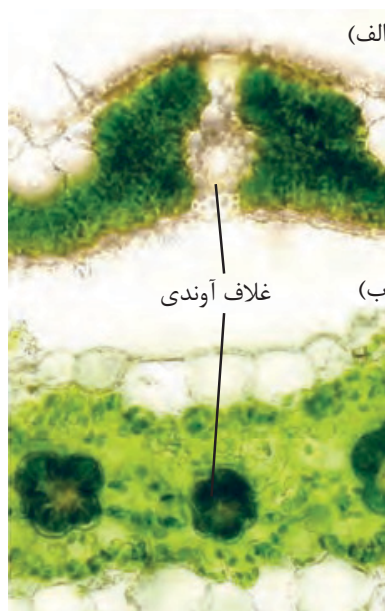
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

### فتوسنتز در گیاهان $C_4$



شکل ۱۰ - الف) برگ گیاه  $C_4$

ب) برگ گیاه  $C_4$

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان  $C_4$  معروف‌اند. یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، درحالی‌که در گیاهان  $C_3$ ، سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰). تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف آوندی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم.

**در گیاهان  $C_4$ ، ۱**  $CO_2$  در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان  $C_4$  می‌گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است. آنزیمی که در ترکیب  $CO_2$  با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به طور اختصاصی با  $CO_2$  عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد. **۲** اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. **۳** در این یاخته‌ها، مولکول  $CO_2$  از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود. **۴** اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

**در گیاهان  $C_4$  ۱** با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان  $CO_2$  در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارنده تنفس نوری است. **۲** بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می‌دهد. **۳** این گیاهان در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، درحالی‌که روزنه‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان  $CO_2$  را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند. **۴** به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان  $C_3$  است.



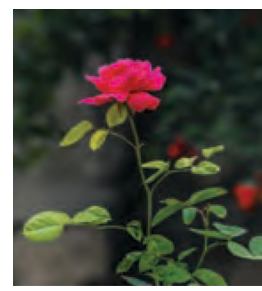
بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان که به گیاهان CAM معروف‌اند ۱) برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. ۲) برگ، ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. ۳) این گیاهان در واکوئول‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند. ۴) تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان  $C_3$  است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها در یاخته‌های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تثبیت اولیه کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخه کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آناناس از گیاهان CAM<sup>۱</sup> (کم) است.



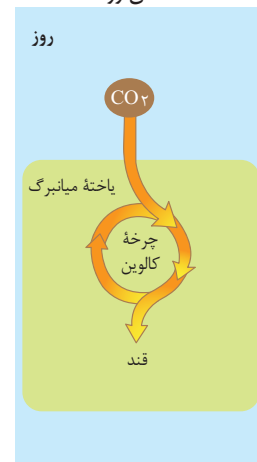
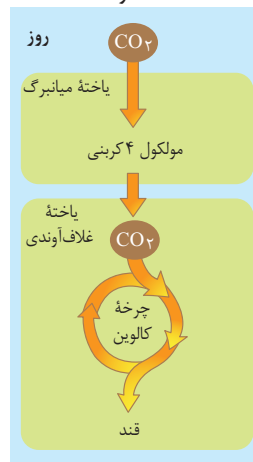
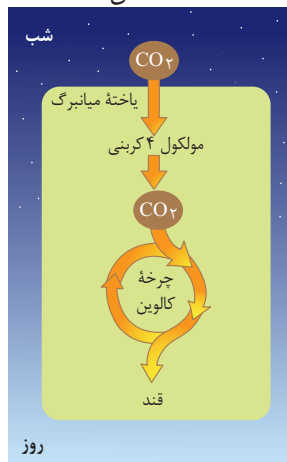
آناناس



ذرت



گل رز



شکل ۱۱ - مقایسه فتوسنتز در گیاهان (الف)  $C_3$ ، (ب)  $C_4$  و (پ) CAM

۱۸) در گیاهان  $C_4$  همانند گیاهان CAM

- ۱) سلول‌های فتوسنتزکننده، ۲ نوع تثبیت  $CO_2$  دارند.
- ۲) روزنه‌های هوایی در زمان هر نوع تثبیت  $CO_2$ ، بسته‌اند.
- ۳) منشأ مستقیم  $CO_2$  چرخه کالوین، نوعی اسید ۴ کربنی است.
- ۴) امکان وقوع تنفس نوری در یاخته‌ها، وجود ندارد.

۱۹) در گیاهان  $C_4$  همانند گیاهان CAM

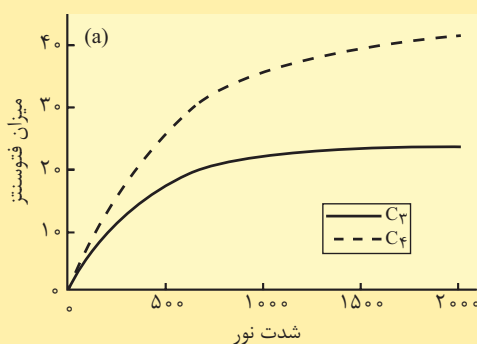
- ۱) تقسیم‌بندی زمانی برای تثبیت  $CO_2$  وجود دارد.
- ۲) هر سلولی محل آزاد شدن  $CO_2$  باشد، محل تثبیت آن نیز محسوب می‌شود.
- ۳) تقسیم‌بندی مکانی برای تثبیت  $CO_2$  وجود دارد.
- ۴) تثبیت  $CO_2$  تنها در حضور نور خورشید امکان‌پذیر است.



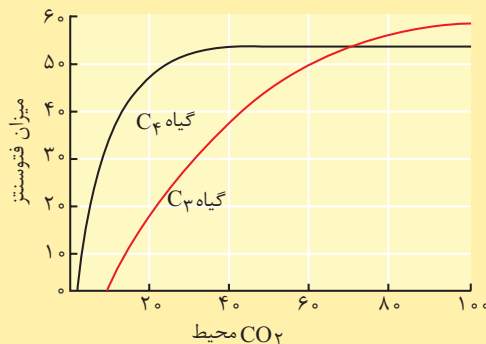
### گفت‌وگو کنید

سه گیاه الف، ب و پ داریم. که فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نمی‌باشد، عصاره برگ هر یک از این گیاهان در دو زمان، یکی در آغاز تاریکی (شب) و دیگری در آغاز روشنائی (صبح) استخراج و pH آنها اندازه‌گیری کردیم. pH عصاره گیاه ب در آغاز روشنائی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. به همین گیاه ب نوعی گیاه CAM می‌باشد.

۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی‌اکسید جو و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه  $C_3$  و  $C_4$  نشان می‌دهند. با توجه به این نمودارها مشخص است که شدت فتوسنتز در گیاهان  $C_4$  در شرایط کمبود  $CO_2$  و شدت‌های نور زیاد از گیاهان  $C_3$  به مراتب بیشتر است.



نمودار ۲



نمودار ۱

۱۷) در گیاهان  $C_4$  تقسیم‌بندی زمانی تثبیت  $CO_2$  وجود ندارد و تقسیم‌بندی مکانی تثبیت  $CO_2$  وجود دارد.

۱۸) در گیاهان CAM تقسیم‌بندی زمانی تثبیت  $CO_2$  وجود دارد و تقسیم‌بندی مکانی تثبیت  $CO_2$  وجود ندارد.

### جانداران فتوسنتز کننده دیگر

بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند. انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

**باکتری‌ها:** باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبز دیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کننده نورند.

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از  $CO_2$  و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتز کننده اکسیژن‌زا نامیده می‌شوند.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتز کننده غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزه فتوسنتزی این باکتری‌ها، باکتریوکلروفیل است. این باکتری‌ها کربن دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون  $H_2S$  است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند. هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.



\* باکتری‌های فتوسنتزکننده اکسیژن‌زا سبزیه ندارند و سبزیه دارند.

\* باکتری‌های فتوسنتزکننده غیر اکسیژن‌زا سبزیه ندارند و سبزیه‌ی a ندارند.

آغازیان: آغازیان نقش مهمی در تولید ماده‌ی آلی از ماده معدنی دارند. می‌دانید که این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات موردنیاز خود را به دست می‌آورد.



شکل ۱۲ - اوگلنا

### شیمیوسنتز

آیا ساختن ماده آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می‌کنند؟ آیا تولیدکنندگان در اعماق تاریک وجود دارند؟

امروزه می‌دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفشان‌های زیر آب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن‌دی‌اکسید ماده‌ی آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان براساس وضعیت زمین در آغاز شکل‌گیری حیات، بر این باورند که باکتری‌های شیمیوسنتزکننده ۱ از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند. چنین باکتری‌هایی، ۲ انرژی موردنیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های اکسایش به دست می‌آورند. به این فرایند شیمیوسنتز می‌گویند. ۳ باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده‌اند.

### ۲۰ نمی‌توان گفت بخش عمده فتوسنتز ..... .

- ۱) توسط گیاهان  $C_3$  صورت می‌پذیرد.
- ۲) به کمک سبزینه‌ها، امکان‌پذیر می‌شود.
- ۳) با تولید اکسیژن همراه است.
- ۴) به عهده باکتری‌های و آغازیان است.

### ۲۱ هر فتوسنتزکننده ..... .

- ۱) غیراکسیژن‌زا، از  $H_2S$  الکترون می‌گیرد.
- ۲) اکسیژن‌زا، دارای سبزدیسه است.
- ۳) تک‌یاخته‌ای، فاقد دناى خطی است.
- ۴) دارای باکتریوکلفیل، طی فتوسنتز آب تولید می‌کند.

### ۲۲ هر جاندار ..... دناى حلقوى متصل به غشا دارد.

- ۱) فتوسنتزکننده با دناى حلقوى
- ۲) فتوسنتزکننده دارای کلروفیل a
- ۳) شیمیوسنتزکننده موجود در محیط آبی
- ۴) فتوسنتزکننده ساکن اقیانوس



(سراسری ۱۴۰۰)

۱- کدام عبارت، در خصوص برگ گیاه ادریسی نادرست است؟

- (۱) در طی واکنش‌های تولید و مصرف مولکولی پنج‌کربنی،  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شود.
- (۲) نوعی پروتئین غشایی، ترکیبی کربن‌دار را به راکیزه (میتوکندری) وارد می‌نماید.
- (۳) در واکنش‌های وابسته به نور، همراه با ساخته شدن ATP، مولکول آب نیز تولید می‌گردد.
- (۴) قند پنج‌کربنی دوفسفاته و گروه فسفات، از محصولات نهایی یک مرحله محسوب می‌شوند.

گزینه ۴

(سراسری ۱۴۰۰)

۲- کدام عبارت درست است؟

- (۱) در گیاه آناناس برخلاف گیاه ذرت، میزان  $\text{CO}_2$  در محل فعالیت آنزیم روبیسکو بالا نگه داشته می‌شود.
- (۲) در گیاه رز همانند گیاه آناناس، تنفس نوری فقط در درون سبزیسه (کلروپلاست) به انجام می‌رسد.
- (۳) در گیاه رز همانند گیاه ذرت، همواره با زیاد شدن  $\text{CO}_2$  محیط، میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد.
- (۴) در گیاه ذرت برخلاف گیاه رز، در شدت نور زیاد، میزان فتوسنتز افزایش چشم‌گیری می‌یابد.

گزینه ۴

۳- با توجه به سازوکار اجزای زنجیره انتقال الکترون در برگ لوبیا می‌توان بیان داشت که با عبور الکترون‌ها از ..... غشای

(سراسری ۱۴۰۰)

تیلاکوئید است، ..... می‌شود.

- (۱) دو جزء (ساختار) از زنجیره که متعلق به هردو- تعدادی  $\text{H}^+$  از بستره به فضای درون تیلاکوئید منتشر
- (۲) یک جزء (ساختار) از زنجیره که متصل به سطح داخلی- الکترون‌ها به فتوسیستم ۲ منتقل
- (۳) یک جزء (ساختار) از زنجیره که مجاور با هر دو لایه فسفولیپیدی- تجزیه نوری آب انجام
- (۴) دو جزء (ساختار) متوالی از زنجیره که متصل به سطح خارجی- NADPH تولید

گزینه ۴

(سراسری ۱۴۰۱)

۴- کدام مورد درست است؟

- (۱) در همه گیاهانی که در شدت نور بالا  $\text{CO}_2$  از دست می‌دهند، هنگام تجزیه هر ماده آلی، ATP تولید می‌شود.
- (۲) در همه گیاهانی که نشاسته را در درون یاخته‌های میانبرگ می‌سازند، آنزیم تثبیت‌کننده  $\text{CO}_2$  جو، به هنگام روز فعالیت می‌کند.
- (۳) در همه گیاهانی که آنزیم تثبیت‌کننده  $\text{CO}_2$  در آنها، نسبت به اکسیژن حساسیتی ندارد، مولکول NADPH هنگام روز اکسایش می‌یابد.
- (۴) در همه گیاهانی که میزان  $\text{CO}_2$  را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند، هر اسید سه‌کربنی، پس از تولید به یاخته دیگری منتقل می‌شود.

گزینه ۳

(سراسری ۱۴۰۱)

۵- کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

«در گیاه تک‌لپه ..... گیاه دولپه .....»

- (۱) همانند - آوندهای آبکش رو به روی پوست روی و آوندهای چوبی رو به روی پوست زیرین پهنک برگ قرار دارند.
- (۲) برخلاف - در یاخته‌های غلاف آوندی برگ، سبزیسه (کلروپلاست)‌های فراوانی وجود دارد.
- (۳) برخلاف - میانبرگ از دو نوع یاخته پارانشیمی (نرم‌آکنه‌ای) تشکیل شده است.
- (۴) همانند - تعداد روزنه‌ها در سطح زیرین برگ بیش از سطح زیرین آن است.

گزینه ۲

۶- مطابق با مطالب کتاب درسی، در «یاخته‌های پارانیشیم نرده‌ای برگ گیاه نعنا، نوعی ترکیب شیمیایی، منشأ الکترون‌های

(سراسری ۱۴۰۱)

پرانرژی برای ساخت مولکول‌های قند است.» کدام عبارت درباره‌ی این ترکیب، نادرست است؟

(۱) در پی کاهش تراکم پروتون‌ها در بستره به‌وجود می‌آید.

(۲) توسط نوعی زنجیره انتقال الکترون در سامانه‌ای غشایی تولید می‌شود.

(۳) ضمن تبدیل مولکول‌های شش کربنی به مولکول‌های پنج کربنی به‌وجود می‌آید.

(۴) ساختار نوکلئوتیدی دارد و الکترون‌های خود را از فتوسیستم I دریافت می‌کند.

گزینه ۳

(سراسری ۱۴۰۱)

۷- مطابق با مطلب کتاب درسی، کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر، مناسب است؟

«در نوعی جاندار که می‌تواند .....»

(۱) با جذب  $CO_2$ ، گازی بی‌رنگ با بویی شبیه به تخم مرغ گندیده را تجزیه کند، رونوشت میانه (اینترون)ها در رنای پیک (mRNA) حذف می‌شود.

(۲) در اطراف دهانه آتشفشان‌های زیر آب زندگی کند. فام‌تن (کروموزوم) اصلی دارای یک مولکول دناى حلقوی است.

(۳) آمونیوم موجود در خاک را به نیترات تبدیل کند، رنابسپاراز به مجموعه راه‌انداز - عوامل رونویسی هدایت می‌شود.

(۴) بخشی از پیکر رشته‌ای خود را به درون ریشه گیاه نهان‌دانه وارد کند، فقط یک نوع رنابسپاراز وجود دارد.

گزینه ۲

(سراسری ۱۴۰۲)

۸- با توجه به واکنش‌های یک چرخه کالوین در گیاه رز، کدام مورد درست است؟

(۱) هر فراورده‌ای که محصول مستقیم تغییر نوعی قند است، خود پیش‌ماده یک واکنش اکسایشی است.

(۲) در جریان بازسازی مولکول پذیرنده  $CO_2$  از نوعی قند سه کربنی، ابتدا مولکول ATP تجزیه می‌شود.

(۳) در جریان کاهش عدد اکسایش اتم کربن هنگام تبدیل  $CO_2$  به قند، انرژی محصولات واکنش‌های نوری کم می‌شود.

(۴) به‌منظور تبدیل مولکول سه کربنی فسفات‌دار به قند سه کربنی فسفات‌دار، ابتدا نوعی واکنش کاهشی و سپس نوعی واکنش انرژی‌خواه به انجام می‌رسد.

گزینه ۳

۹- درباره‌ی جاندارى که در کتاب درسى مطرح شده است و مى‌تواند با گیاهان کوچک و فراوان تالاب‌های شمال و مزارع برنج

(سراسری ۱۴۰۲)

کشور رابطه همزیستی برقرار کند، کدام مورد یا موارد زیر درست است؟

(الف) برخلاف اسپیروژیر، در سبز دیسه (کلروپلاست) خود، سبزینه (کلروفیل) a را دارد.

(ب) همانند جلبک قرمز، با کمک سامانه‌ای، انرژی نورانی را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند.

(ج) همانند اوگلنا، به همراه دناى خود، هیستون‌ها و پروتئین‌های دیگری دارد.

(د) برخلاف اشرشیاکلاى، مى‌تواند مستقیماً از نیتروژن جو استفاده کند.

(۱) «الف»، «ب»، «ج» و «د» (۲) «ب» و «د» (۳) «الف»، «ج» و «د» (۴) «د»

گزینه ۲

(سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

۱۰- کدام مورد، طی فرایند تنفس نوری در گیاهان  $C_3$  رخ می‌دهد؟

(۱) در این فرایند همانند فرایند تثبیت کربن در گیاهان  $C_3$ ، NADPH و ATP تولید می‌شود.

(۲) در این فرایند همانند فرایند تنفس یاخته‌ای در گیاهان،  $CO_2$  در داخل راکیزه (میتوکندری) آزاد می‌شود.

(۳) در این فرایند برخلاف فرایند تثبیت کربن در گیاهان CAM، میزان  $CO_2$  در محل آنزیم روبیسکو بالا نگه داشته می‌شود.

(۴) در این فرایند برخلاف فرایند تثبیت کربن در گیاهان  $C_3$ ، ربیولوبیس فسفات با کمک ترکیبی سه کربنی بازسازی می‌شود.

گزینه ۲

۱۱- در ارتباط با واکنش‌های تثبیت کربن در برگ گیاه مو و با توجه به واکنش‌هایی که پس از ایجاد ترکیب ناپایدار رخ می‌دهد،

(سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

کدام مورد در یک چرخه، پیش از سایرین به انجام می‌رسد؟

(۲) تولید مولکول پنج کربنی فسفات دار

(۱) خروج گروه فسفات از چرخه

(۴) استفاده از الکترون‌های نوعی مولکول پرانرژی

(۳) خروج نوعی مولکول دوفسفاته از چرخه

گزینه ۳

۱۲- با فرض اینکه دمای محیط بالا، شدت نور زیاد و کمبود آب وجود داشته باشد، گیاه ذرت در مقایسه با گیاهان دیگر چگونه

(سراسری تیر ۱۴۰۳)

است؟

(۱) برخلاف گیاه آناناس، در واکوئول‌های خود می‌تواند آب را به میزان زیادی ذخیره کند.

(۲) همانند گیاه آناناس،  $CO_2$  جو را در درون یاخته غلاف آوندی خود تثبیت می‌کند.

(۳) نسبت به گیاه رز، مقدار بیشتری نشاسته و ترکیبات آلی دیگر می‌سازد.

(۴) نسبت به گیاه رز، با کارایی اندکی آب را به مصرف می‌رساند.

گزینه ۳

۱۳- به طور معمول، در ارتباط با هر فتوسیستم موجود در تیلاکوئید برگ گیاه مو کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

(۱) در نزدیکی آن، پروتئینی وجود دارد که پروتون‌ها را از بستره به فضای درون تیلاکوئید پمپ می‌کند.

(۲) الکترون برانگیخته آنتن، انرژی را به رنگیزه دیگر منتقل می‌کند و به سطح انرژی قبلی خود برمی‌گردد.

(۳) انرژی الکترون تحریک‌شده در مولکول سبزینه (کلروفیل) مرکز واکنش، به رنگیزه‌های دیگر منتقل می‌شود.

(۴) کاروتنوئیدهای آن، با بیشترین قدرت جذب در بخش آبی و سبز نور مرئی، انرژی را به مرکز واکنش منتقل می‌کنند.

گزینه ۳





۱ می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان ..... مصرف شده و یا ..... تولید شده، اندازه گرفت.

۲ هر جاندار فتوسنتز کننده ..... دارد که بتواند ..... را جذب کند.

۳ برگ گیاهان ..... دارای پهنک و دم‌برگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و ..... است. روپوست روزنه‌های بیشتر دارد، میانبرگ شامل یاخته‌های ..... و ..... که یاخته‌های ..... بعد از روپوست رویی قرار دارند و .....، در حالی که یاخته‌های ..... به سمت روپوست زیرین قرار دارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از ..... تشکیل شده است.

۴ فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام .....، به دو بخش فضای درون ..... و ..... تقسیم شده است.

۵ سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند ..... پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور ..... تقسیم شود.

۶ رنگیزه‌های فتوسنتزی در ..... قرار دارند. افزون بر ..... که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست، ..... نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، ..... گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

۷ بیشترین جذب سبزینه‌ها در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر ..... و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ..... است. کاروتنوئیدها به رنگ‌های .....، ..... و ..... دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش ..... و ..... نور مرئی است.

۸ در فتوسیستم‌ها هر ..... که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به ..... منتقل می‌کند که شامل مولکول‌های ..... است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

۹ براساس ..... به سبزینه a در فتوسیستم ۱، ..... و در فتوسیستم ۲، ..... می‌گویند.

۱۰ فتوسیستم‌ها با مولکول‌هایی به نام ..... به هم مرتبط می‌شوند.

۱۱ اسپیروژیر نوعی ..... جزء گروه ..... با کلروپلاست ..... و ..... است که در نور ..... و ..... شدت فتوسنتز بیشتری از سایر طیف‌های نور مرئی دارد.

۱۲ وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، ..... ایجاد می‌شود که ممکن است مثل ..... با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا مثل ..... از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود.

- ۱۳) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به ..... می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول ..... می‌رسد.
- ۱۴) کمبود الکترونی  $PV^{++}$  با الکترون‌های خارج شده از ..... و کمبود الکترونی کلروفیل a در فتوسیستم ۲ با ..... جبران می‌شود.
- ۱۵) تجزیه نوری آب در ..... و در ..... انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، .....، ..... و ..... است.
- ۱۶) بر اثر عملکرد ..... زنجیره انتقال الکترون و بر اثر ..... تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئید بالا می‌رود سپس پروتون‌ها از طریق ..... به بستره منتشر می‌شوند و ضمن این فرایند تولید ..... رخ می‌دهد.
- ۱۷) در چرخه کالوین  $CO_2$  با قندی پنج کربنی به نام ..... ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن  $CO_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم ..... و فعالیت ..... آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول ..... ایجاد می‌کند. این مولکول‌ها در نهایت به ..... تبدیل می‌شوند که تعدادی از آن‌ها برای ساخته شدن ..... و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای ..... به مصرف می‌رسند.
- ۱۸) در چرخه کالوین .....، ..... و ..... مصرف و .....، ..... و ..... تولید می‌شود.
- ۱۹) به فرایند استفاده از  $CO_2$  برای تشکیل ترکیب‌های آلی ..... می‌گویند.
- ۲۰) به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، گیاهان ..... می‌گویند. گیاهان اینگونه‌اند.
- ۲۱) .....، .....، ..... و ..... زمان تابش نور، ..... و ..... بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.
- ۲۲) با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزیسی فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول ..... و ..... تجزیه می‌شود. مولکول ..... به مصرف بازسازی ریبولوزیسی فسفات می‌رسد و مولکول ..... از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول ..... آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $CO_2$  و همراه با فتوسنتز است، ..... نامیده می‌شود.
- ۲۳) تنفس نوری باعث ..... فرآورده‌های فتوسنتز می‌شود.
- ۲۴) یاخته‌های غلاف آوندی در گیاهان ..... سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که در گیاهان ..... سبزدیسه ندارند.
- ۲۵) در گیاهان  $C_4$ ،  $CO_2$  در یاخته‌های ..... با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. پس اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق ..... به یاخته‌های ..... منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول  $CO_2$  از اسید چهار کربنی آزاد و وارد ..... می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های ..... برمی‌گردد.

۲۶) کارایی گیاهان  $C_4$  در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، ..... گیاهان  $C_3$  است.

۲۷) در گیاهان CAM، .....، ..... یا ..... گوشتی و پرآب است. این گیاهان در ..... خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

۲۸) تثبیت کربن در گیاهان CAM مثل ..... و ..... تقسیم مکانی ..... و تقسیم زمانی ..... .

۲۹) بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که .....

۳۰) باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ..... و رنگیزه‌های جذب‌کننده نور ..... .

۳۱) سیانوباکتری‌ها ..... دارند و فتوسنتزکننده ..... نامیده می‌شوند.

۳۲) گروهی از باکتری‌ها، فتوسنتزکننده غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های ..... و ..... از این گروه‌اند. رنگیزه فتوسنتزی این باکتری‌ها، ..... است. این باکتری‌ها کربن‌دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما ..... تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از ..... است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون ..... است و به جای اکسیژن، ..... ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیه ..... برای حذف ..... استفاده می‌کنند.



۳۴) ..... جانداری تک‌یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتزکننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به‌دست می‌آورد.

۳۵) باکتری‌های ..... از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند، چنین باکتری‌هایی، انرژی موردنیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های ..... به‌دست می‌آورند. به این فرایند ..... می‌گویند. باکتری‌های نیتروژن‌ساز که ..... را به ..... تبدیل می‌کنند، از این گروه‌اند.



- ۱) می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان **کربن دی‌اکسید** مصرف شده و یا **اکسیژن** تولید شده، اندازه گرفت.
- ۲) هر جاندار فتوسنتز کننده **رنگیزه** دارد که بتواند **انرژی نور خورشید** را جذب کند.
- ۳) برگ گیاهان **دو لبه** دارای پهنک و دم برگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و **دسته‌های آوندی (رگبرگ)** است. روپوست **زیرین** روزنه‌های بیشتر دارد، میانبرگ شامل یاخته‌های **نرده‌ای** و **اسفنجی تشکیل شده است** که یاخته‌های **نرده‌ای** بعد از روپوست رویی قرار دارند و **به هم فشرده‌اند**، در حالی که یاخته‌های **اسفنجی** به سمت روپوست زیرین قرار دارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از **یاخته‌های اسفنجی** تشکیل شده است.
- ۴) فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام **تیلاکوئید**، به دو بخش فضای درون **تیلاکوئید** و **بستره** تقسیم شده است.
- ۵) سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند **بعضی** پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور **مستقل** تقسیم شود.
- ۶) رنگیزه‌های فتوسنتزی در **غشای تیلاکوئید** قرار دارند. افزون بر **سبزینه** که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست، **کاروتنوئیدها** نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، **کارایی** گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.
- ۷) بیشترین جذب سبزینه‌ها در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (**بنفش - آبی**) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (**نارنجی - قرمز**) است. کاروتنوئیدها به رنگ‌های **زرد، نارنجی و قرمز** دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش **آبی و سبز** نور مرئی است.
- ۸) در فتوسیستم‌ها هر **آنتن** که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به **مرکز واکنش** منتقل می‌کند که شامل مولکول‌های **کلروفیل a** است که در بستری پروتئینی قرار دارند.
- ۹) براساس **حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش** به سبزینه a در فتوسیستم ۱، **P۷۰۰** و در فتوسیستم ۲، **P۶۸۰** می‌گویند.
- ۱۰) فتوسیستم‌ها بامولکول‌هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند.
- ۱۱) اسپروژیر نوعی **جلبک سبز** جزء گروه **آغازیان** با کلروپلاست **نواری و دراز** است که در نور **قرمز و آبی** شدت فتوسنتز بیشتری از سایر طیف‌های نور مرئی دارد.
- ۱۲) وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، **الکترون برانگیخته** ایجاد می‌شود که ممکن است مثل **رنگیزه‌های آنتن** با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا مثل **مرکز واکنش** از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود.

۱۳) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به **مرکز واکنش در فتوسیستم ۱** می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول  $\text{NADP}^+$  می‌رسد.

۱۴) کمبود الکترونی  $\text{P}700$  با الکترون‌های خارج شده از  $\text{P}680$  و کمبود الکترونی کلروفیل a در فتوسیستم ۲ با **آب جبران** می‌شود.

۱۵) تجزیه نوری آب در **فتوسیستم ۲** و در **سطح داخلی تیلاکوئید** انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، **الکترون، پروتون و اکسیژن** است.

۱۶) بر اثر عملکرد **پمپ** زنجیره انتقال الکترون و بر اثر **تجزیه آب** تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئید بالا می‌رود سپس پروتون‌ها از طریق **آنزیم ATP ساز** به بستره منتشر می‌شوند و ضمن این فرایند تولید **ATP** رخ می‌دهد.

۱۷) در چرخه کالوین  $\text{CO}_2$  با قندی پنج کربنی به نام **ریبولوزیسی فسفات** ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن  $\text{CO}_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم **روبیسکو (ریبولوزیسی فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز)** و فعالیت **کربوکسیلازی** آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول **اسید سه کربنی** ایجاد می‌کند. این مولکول‌ها در نهایت به **قندهای سه کربنی** تبدیل می‌شوند که تعدادی از آن‌ها برای ساخته شدن **گلوکز** و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای **بازسازی ریبولوزیسی فسفات** به مصرف می‌رسند.

۱۸) در چرخه کالوین  $\text{CO}_2$ ، **NADPH** و **ATP** مصرف و **قند**،  $\text{NADP}^+$  و **ADP** تولید می‌شود.

۱۹) به فرایند استفاده از  $\text{CO}_2$  برای تشکیل ترکیب‌های آلی **تثبیت کربن** می‌گویند.

۲۰) به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، گیاهان  **$\text{C}_3$**  می‌گویند **اکثر** گیاهان اینگونه‌اند.

۲۱) **میزان  $\text{CO}_2$** ، **طول موج**، **شدت و مدت** زمان تابش نور، **میزان  $\text{O}_2$**  و **دما** بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

۲۲) با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزیسی فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول **سه کربنی و دو کربنی** تجزیه می‌شود. مولکول **سه کربنی** به مصرف بازسازی ریبولوزیسی فسفات می‌رسد و مولکول **دو کربنی** از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $\text{CO}_2$  و همراه با فتوسنتز است، **تنفس نوری** نامیده می‌شود.

۲۳) تنفس نوری باعث **کاهش** فرآورده‌های فتوسنتز می‌شود.

۲۴) **یاخته‌های غلاف آوندی** در گیاهان  **$\text{C}_4$**  سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که در گیاهان  **$\text{C}_3$**  سبزدیسه ندارند.

۲۵) در گیاهان  $\text{C}_4$ ،  $\text{CO}_2$  در **یاخته‌های میانبرگ** با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. پس اسید چهار کربنی از **یاخته‌های میانبرگ** از طریق **پلاسمودسم‌ها** به **یاخته‌های غلاف آوندی** منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول  $\text{CO}_2$  از اسید چهار کربنی آزاد و وارد **چرخه کالوین** می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به **یاخته‌های میانبرگ** برمی‌گردد.



۲۶) کارایی گیاهان  $C_4$  در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، **بیشتر** از گیاهان  $C_3$  است.

۲۷) در گیاهان CAM، **برگ**، **ساقه** یا **هر دوی آنها** گوشتی و پرآب است. این گیاهان در **کریچه‌های** خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

۲۸) تثبیت کربن در گیاهان CAM مثل **آناناس و کاکتوس** تقسیم مکانی **ندارد** و تقسیم زمانی **دارد**.

۲۹) بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که **گیاه نیستند**.

۳۰) باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه **ندارند** و رنگیزه‌های جذب‌کننده نور **دارند**.

۳۱) سیانوباکتری‌ها **سبزینه a** دارند و فتوسنتزکننده **اکسیژن‌زا** نامیده می‌شوند.

۳۲) گروهی از باکتری‌ها، فتوسنتزکننده غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های **گوگردی ارغوانی و سبز** از این گروه‌اند. رنگیزه فتوسنتزی این باکتری‌ها، **باکتریوکلروفیل** است. این باکتری‌ها کربن دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما **اکسیژن** تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از **آب** است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون  **$H_2S$**  است و به جای اکسیژن، **گوگرد** ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف **هیدروژن سولفید** استفاده می‌کنند.



۳۴) **اوگلنا** جاندار تک‌یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتزکننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به‌دست می‌آورد.

۳۵) باکتری‌های **شیمیوسنتزکننده** از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند، چنین باکتری‌هایی، انرژی موردنیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های **اکسایش** به‌دست می‌آورند. به این فرایند **شیمیوسنتز** می‌گویند. باکتری‌های نیترات‌ساز که **آمونیم** را به **نیترات** تبدیل می‌کنند، از این گروه‌اند.